

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS PARTES AÉREAS DE *GRINDELIA TARAPACANA* PHIL

Brando Raul Mendoza Salinas^a, Jose Elias Zuñiga Calcina^b, Marco Antonio Sánchez Tito^c, Ingrit Elida Collantes Díaz^{a*}

RESUMEN

Las partes aéreas de *Grindelia tarapacana* colectadas en Arequipa - Perú en abril del 2021 fueron sometidas a extracción por hidrodestilación (4 h) para la obtención del aceite esencial, el análisis de la composición química fue realizado por cromatografía gaseosa acoplada a espectrómetro de masas, fueron identificados 89 compuestos, que representan el 79,01%. Los componentes mayoritarios identificados fueron acetato de bornilo 5,52%, α -iso-metilionona 6,49%, germacreno B 8,22%, *E*-nerolidol 5,4%, fokienol 5%, 10-epi- γ -eudesmol 6,16% y β -acorenol 4%. El aceite esencial fue sometido a un ensayo exploratorio para verificar la efectividad antibacteriana y antifúngica, con el que se demostró ser altamente efectivo para inhibir el crecimiento de las cepas *S. salivarius*, *E. faecalis* y *C. albicans* a la concentración de 0,0625 % v/v y para *S. mutans* y *S. sanguinis* a la concentración de 0,125 % v/v.

Palabra clave: *Grindelia tarapacana*, aceite esencial, cromatografía

CHEMICAL COMPOSITION OF THE ESSENTIAL OIL OF THE AERIAL PARTS FROM *GRINDELIA TARAPACANA* PHIL

ABSTRACT

The aerial parts of *Grindelia tarapacana* collected in Arequipa – Peru in April 2021 were subject to extraction by hydrodistillation (4h) to obtain the essential oil. The analysis of the composition was carried out by gas chromatography coupled to a mass spectrometer. 89 compounds were identified, which represent 79.01%. The major components identified were bornyl acetate 5.52%, α -iso-methyl ionone 6.49%, germacrene B 8.22%, *E*-nerolidol 5.4%, fokienol 5%, 10-epi- γ -eudesmol 6.16% y β -acorenol 4%. The essential oil was subject to an exploratory test to verify the antibacterial and antifungal effectiveness, with which it was shown to be highly effective in inhibiting the growth of the strains *S. salivarius*, *E. faecalis* and *C. albicans* at the concentration of 0,0625 %v/v and for *S. mutans* y *S. sanguinis* at the concentration of 0,125 %v/v.

Keywords: *Grindelia tarapacana*, essential oil, chromatography

^a Facultad de Ingeniería Química y Textil, Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Túpac Amaru 210 Rímac, Lima-Perú.* icollantesd@uni.edu.pe

^b Facultad de Biología, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú

^c Escuela de dentista, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Privada de Tacna

INTRODUCCIÓN

El género *Grindelia* ocurre desde Alaska, sur oeste de los Estados Unidos y norte de Méjico, el género no ocurre en centro américa y en sur américa ocurre en Chile, Perú, Uruguay, Paraguay, Argentina y sur de Brasil¹ aproximadamente en norte américa son reconocida 60 especies² está representada en sur américa por 28 especies, de las cuales 25 son endémicas³. Según las referencias bibliográficas la especie *G. tarapacana* ocurre a una altura por encima de entre 2800 – 3000 msnm^{4,5}. Muchas especies del género *Grindelia* tienen actividad antiinflamatoria, expectorante, antiespasmódica y antimicrobial, hipotensivo, así como antiefedante con algunos insectos^{3,6} y se caracterizan por la abundante producción de una resina como exudado que cubre toda la superficie de hojas, ramas y los cálices de las flores⁷, es por esta razón que en muchos casos las plantas de este género son llamados de plantas de goma. La resina producida por las *Grindelias* posee propiedades químicas y físicas similares a las obtenidas de los pinos, pueden ser usados en tiendas navales, adhesivos, taquificadores y en la industria de las tintas⁶. *G. tarapacana* según Echevarría et al 2020⁸ es usada para dolor de estómago, vómitos y enfermedades del corazón.

A pesar de la ocurrencia del género *Grindelia*, sus aceites esenciales son pocos estudiados comparado con sus extractos. Los aceites esenciales en su composición química tienen metabolitos secundarios volátiles e hidrófobas y, pueden ser obtenidos de raíces, ramas, hojas y flores de las plantas. Los aceites esenciales pueden ser afectados por una condición genética y ambiental como factores climáticos, fase de crecimiento, distribución geográfica, la fertilización mineral del suelo, la intensidad de luz; entonces, el estudio de la composición química del aceite esencial en relación con los factores ambientales puede proporcionar información sobre que determina el polimorfismo químico de las plantas. Los aceites esenciales son los mayores constituyentes de plantas medicinales⁹. Los efectos en la composición química también se ven afectados por factores como bacterias, hongos, virus, parásitos, como se vio en el estudio para ver la diferencia que presenta la composición química del aceite esencial de *G. robusta*, una saludable y otra contaminada con *Candidatus phytoplasma*. Los resultados obtenidos fueron α -pineno (10,98% y 10,81%), limoneno (4,21% y 9,34%), *trans*-pinocarveol (8,22% y 7,45%), pinocarvona (3,28% y 2,82%), borneol (15,02% y 21,34%), acetato de bornilo (4,44% y 8,91%), β -selineno (4,33% y 3,53%) y β -eudesmol (5,45% y 5,03%) para la planta saludable y contaminada respectivamente; fue observado que la planta enferma produce mayor cantidad de limoneno, borneol y acetato de bornilo, presumiendo que la contaminación con *C. phytoplasma* causa ese efecto en la planta¹⁰. Los estudios en la composición química de los aceites esenciales reportados en el género *Grindelia* son pocos, como de especies colectadas en Alemania en 1993 *G. robusta* y *G. squarrosa* presentaron como componentes mayoritarios α -pineno (12,5% y 25,53%), canfeno (5,46% y 4,22%), β -pineno (2,54% y 2,39%), limoneno (3,35% y 3,62%), borneol (2,27% y 1,53%) y acetato de bornilo (12,28% y 1,35%) y β -cariofileno (0,63% y 2,92%) respectivamente¹¹; para estas mismas especies colectadas en Alemania (2000), los aceites esenciales fueron extraídos de cada órgano de la planta (flores, hoja y ramas), se obtuvo para *G. squarrosa*, α -pineno (35,3%, 10,4%, 4,4%), β -pineno (5,2%, 1,7% y 1,9%), limoneno (9,3%, 16,2% y 27,1%), terpinoleno (2,3%, 2% y 0,7%), germacreno D (3,7%, 3,3% y 0,9%), acetato de isobornilo (6,9%, 4,3% y 1,9%) y germacreno B (6,8%, 13,2% y 3%) en flores, hojas y ramas respectivamente; en *G. robusta*, α -pineno (13,1%, 13,4% y 0,9%), β -pineno (3,2%, 3% y 0,2%), mirceno (1,6%, 7,2% y 0,3%), β -cariofileno (2,4%,

4,1% y 0,4%), germacreno D (10,3%, 23,3% y 5,4%) y germacreno B (4,4%, 8,3% y 0,4%) en flores, hojas y ramas respectivamente¹². Estas mismas especies colectadas en el 2000 fueron comparadas con *G. humilis* colectada en Egipto. Fue observado α -pineno (4,9%, 8,8% y 16,1%), mirceno (3,9%, - y 3,4%), limoneno (0,2%, 4,1% y 16,8%), *trans*-pinocarveol (-, 6,1% y 0,5%), borneol (0,2%, 14,8% y 4,5%), *p*-cimen-8-ol (0,1%, 4,1% y -), verbenona (1,1%, 3,3% y 0,1%), acetato de bornilo (5,1%, 5,4% y 1,3%), germacreno D (11,9%, 0,1% y 6,8%), acetato de *E*-lachonofilol (4,1%, - y 0,4%) para *G. humilis*, *G. robusta* y *G. squarrosa* respectivamente¹³. Las partes aéreas de *G. robusta* colectadas en Italia fueron identificados como compuestos mayoritarios α -pineno 10,3%, limoneno 4,3%, *trans*-pinocarveol 7%, pinocarvona 2,6%, borneol 15,2%, *p*-cimen-8-ol 2,2%, verbenona 2,6%, acetato de bornilo 4,5%, β -selineno 3,2% y β -eudesmol 4,1%, el aceite esencial presento actividad antioxidante¹⁴. Las partes aéreas de dos especies de *Grindelia* colectadas en Rumania, *G. squarrosa* y *G. hirsutula*, presentaron como componentes mayoritarios α -pineno (8,3% y 6,2%), limoneno (8,1% y 7%), *trans*-sabinol (3,6% y 1,8%), borneol (3,5% y 3,3%), acetato de bornilo (10,8% y 3,6%), germacreno D (2,4% y 4,2%), 10,11-epoxi-calameneno (3,6% y 4,1%), espatulenol (5,4% y 5,5%) y oxido de cariofileno (4,9% y 3,4%) respectivamente¹⁵. De las flores y hojas de *G. integrifolia* (Polonia) fue extraído el aceite esencial de cada uno de los órganos y se pudo ver sus diferencias entre flores y hojas, α -pineno (34,9% y 4,6%), β -pineno (7,3% y 2,1%), mirceno (7,1% y 16,9%), limoneno (13,1% y 10,1%), *trans*-verbenol (2,1% y 0,2%), acetato de bornilo (4,1% y 0,7%)¹⁶. Las flores y hojas de *G. squarrosa* colectadas en Estados Unidos, el aceite esencial de esta especie presente como componentes principales α -pineno (24,7% y 23,2%), β -pineno (4% y 3,8%), limoneno (10% y 14,7%), terpinoleno (1,7% y 2%), acetato de bornilo (3% y 5,1%), *trans*-pinocarveol (4,2% y 3,7%), borneol (23,4% y 16,6%), mirtenol (2,5% y 1,7%), *p*-cimen-8-ol (6,1% y 5,8%), espatulenol (3% y 2%), en flores y hojas respectivamente¹⁷. Las partes aéreas de *G. squarrosa* var. *serrulata* colectadas en Estados Unidos, el aceite esencial presento como componentes mayoritarios α -pineno (21,9%), β -pineno (4,2%), limoneno (17,1%), terpinoleno (10,6%), *trans*-verbenol (2,2%), borneol (6,5%), acetato de bornilo (3,3%), germacreno D (2,4%), germacreno B (3,5%), el aceite esencial presento actividad antimicrobiana¹⁸. El presente artículo presenta la composición química del aceite esencial de las partes aéreas de *G. tarapacana* colectada en abril del 2021, fueron identificados 89 componentes, cuyos componentes mayoritarios fueron acetato de bornilo, α -isometilionona, germacreno B, *E*-nerolidol, fokieol, 10-epi- γ -eudesmol y β -acorenol. El análisis instrumental fue realizado por cromatografía gaseosa acoplada a espectrómetro de masas, también fue realizado un ensayo exploratorio para verificar la efectividad antibacteriana y antifúngica del aceite esencial de las partes aéreas del *G. tarapacana*. El aceite esencial demostró ser altamente efectivo para inhibir el crecimiento de las cepas estudiadas. *S. salivarius*, *E. faecalis* y *C. albicans*.

PARTE EXPERIMENTAL

Las partes aéreas de *Grindelia tarapacana* fue colecta e identificada por el Dr. Botánico José Elias Zuñiga Calcina de la Universidad Nacional San Agustín del departamento de Arequipa a una altura de 2459 msnm con coordenadas 16°, 29' 90" S; 71°, 51', 91" W. La colecta fue realizada en abril del 2021 y fue colectado 301 g de muestra.

Extracción del aceite esencial de las partes aéreas

Los aceites esenciales fueron obtenidos de las partes aéreas por hidrodestilación de 4 horas con aparato tipo Clevenger (Farmacopea), el aceite esencial fue extraído con éter de petróleo (EP) y secado con sulfato de sodio anhidro, el EP fue evaporado a temperatura ambiente y el aceite fue pesado para determinar su rendimiento y guardado en congeladora (-20°C) hasta su análisis por cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas (CG-EM)¹⁹.

Análisis del aceite esencial

La muestra del aceite esencial fue preparada a una concentración de 1 mg/mL. El análisis por cromatografía gaseosa fue realizado en un cromatógrafo a gas acoplado a un espectrómetro de masas (Shimadzu, modelo CGMS-QP2010 Ultra) con las siguientes condiciones de análisis: columna capilar Restek Rtx-5MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm); temperatura del inyector 260 °C, temperatura del detector 280 °C; impacto de electrones a 70 eV, con gas de arrastre helio a un flujo de 1,48 mL/min, con split 1/5; con un programa de temperatura de 80°C (5') – 280°C (5'), 8°C/minuto; y con volumen de inyección de 3 µL. La identificación de la composición química fue basada por la comparación de los espectros de masas con el banco de datos del sistema de CG-EM de NIST 14 lib y por análisis de sus espectros²⁰.

Análisis de la actividad antibacteriana y antifúngica del aceite esencial

El aceite esencial fue diluido inicialmente (Tabla 1, concentración inicial) al 10%, 5%, 2,5% y 1,25% (v/v) con dimetilsulfóxido (DMSO). Las diluciones fueron mezclados en Vortex por 1 min para asegurar la homogenización. Se emplearon cepas de *Streptococcus mutans* ATCC25175, *S. salivarius* ATCC13419, *S. sanguinis* ATCC10556, *Enterococcus faecalis* ATCC y *Candida albicans* ATCC 10231. Las cepas fueron sembradas en placa Petri conteniendo el medio de cultivo BHA (Brain-Heart Agar) para las bacterias (*Streptococcus mutans*, *S. salivarius*, *S. sanguinis*, *E. faecalis*) y TSA (Tripicase Soy Agar) para el hongo *C. albicans*. A partir de los cultivos se preparó una suspensión de microorganismos a una concentración de 0,5 de la escala de Mc Farland, empleando como medio BHI (Brain Heart Infusion) para las bacterias y con TSI (Tripicase Soy Infusion) para el hongo; de la suspensión se transfirieron 190 µL a cada pozo de la microplaca de 96 pocillos. Luego se agregó 10 µL de cada concentración del aceite esencial. Como resultado, las concentraciones iniciales fueron diluidas 20 veces (Tabla 1, concentración final) en el ensayo microbiológico en proporción al volumen de medio de cultivo y el volumen de la dilución del aceite esencial. se emplearon pocillos conteniendo suspensión inoculada y sin inocular como controles positivos y negativos de crecimiento bacteriano, respectivamente^{21,22}.

Tabla 1.- Concentraciones iniciales y finales del aceite esencial luego del ensayo de microdilución.

Concentración inicial (%)	Concentración final (%)
10	0,5
5	0,25
2,5	0,125
1,25	0,0625

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la colecta de las partes aéreas de *G. tarapacana* fue obtenido 381,6 mg de aceite esencial, que representa el 0,13% de rendimiento; el aceite tiene color amarillo claro.

Con el análisis del aceite esencial por cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas fue posible identificar 89 compuestos (Tabla 2) que representa el 79,01%, los componentes mayoritarios (Figura 1) fueron acetato de bornilo 5,52%, α -iso-metilionona 6,49%, germacrene B 8,22%, *E*-nerolidol 5,4%, fokienol 5%, 10-epi- γ -eudesmol 6,16% y β -acoreno 4%. La composición química del aceite esencial está compuesta por hidrocarburos aromáticos 1,99%, monoterpenos oxigenados 7,43%, ésteres alifáticos 1,42%, alilbencenos 0,28%, hidrocarburos sesquiterpénicos 12,3%, cetonas 9,65%, sesquiterpenos oxigenados 41,48%, diterpenos oxigenados 0,3%, cromeno 1,05%, alcohol alifático 0,92%, hidrocarburos aromáticos 0,19% y alcanos 1,27%.

Tabla 2.- Composición química del aceite esencial de las partes aéreas de *Grindelia tarapacana*.

TR	Nombre	%	TR	Nombre	%
8,576	Santolina trieno	0,13	61,215	Isolongifolen-5-ona	1,39
10,165	α -Thujeno	0,43	61,454	Zonareno	0,42
11,259	α -Pino	0,35	61,535	γ -Vetiveneno	0,11
13,690	Sabineno	0,14	61,664	Acetato de β - <i>E</i> -Ionol	0,94
13,852	β -Pino	0,74	61,820	α -Calacoreno	0,12
41,495	Borneol	0,83	62,423	Germacrene B	8,22
42,415	Naftaleno	0,19	62,732	<i>E</i>-Nerolidol	5,40
42,493	Terpinen-4-ol	0,28	63,148	α -Cedrene epoxido	3,93
44,327	Metilchavicol	0,09	63,278	Santalenona	0,32
46,138	Formiato de Isobornil	0,56	63,443	oxido de Cariofileno	1,11
46,926	3Z-Hexenil-2-metil butanoato	0,08	63,644	Presilfiperfolan-8-ol	0,45
47,185	3Z-Hexenil 3-metilbutanoato	0,11	63,726	β -Copaen-4-alpha-ol	0,30
49,675	Cogeijereno	0,20	63,903	Carotol	1,17
49,885	Acetato de Bornilo	5,52	64,143	Fokienol	5,00
52,016	Acetato de Mirtenilo	0,09	64,511	epoxido de Humuleno II	0,76
52,534	δ -Elemeno	0,21	64,995	Oxido de β -Himachaleno	0,14
53,137	α -Cubebeno	0,05	65,436	10-epi-γ-Eudesmol	6,16
54,181	Acetato de neo-iso-Dihidrocarvilo	0,15	65,910	α -Acoreno	2,78
54,380	α -Ylangeno	0,22	66,064	β-Acoreno	4,00
54,489	Modeph-2-eno	0,19	66,288	epi- α -Cadinol	0,49
54,790	β -Bourboneno	0,84	66,422	Desmetoxi enecalina	1,05
54,895	Damascenona	0,11	66,625	α -Cadinol	1,32
55,116	β -Cubebeno	0,10	66,915	<i>cis</i> -Calamenen-10-ol	0,06
55,219	β -Elemeno	0,53	68,355	2Z,6Z-Farnesal	1,50
55,701	Sativeno	0,06	68,884	5-neo-Cedranol	0,33

55,993	Metil eugenol	0,19	69,630	Eudesma-4(15),7-dien-1 β -ol	1,08
56,395	<i>E</i> -Caryophylleno	0,60	70,270	Nootkatol	0,68
56,780	4,8- β -epoxy Caryofilano	0,16	70,396	2 <i>E</i> ,6 <i>Z</i> -Farnesol	0,41
56,868	β -Copaeno	0,24	71,361	iso-Longifolol	0,38
57,137	β -Gurjuneno	1,26	71,579	Iso-Biciclogermacrenal	0,32
57,557	<i>cis</i> -Muuroala-3,5-dieno	0,06	73,473	<i>Z</i> -Lanceol	0,48
57,943	α -Humuleno	0,61	73,678	β -Acoradienol	0,46
58,317	Oxido de Cabreuva B	0,40	82,984	Metil hexadecanoato	0,05
59,005	α-Iso-metilionona	6,49	84,633	Tetrahidro-Rimueno	0,20
59,196	Amorfa-4,7(11)-dieno	2,41	85,718	6 <i>Z</i> ,10 <i>Z</i> -Pseudo fitol Bornil éster del ácido	0,40
59,411	Widdra-2,4(14)-dieno	3,13	88,122	Hidrocinnamico	0,05
59,489	γ -metil-Ionona	2,73	89,864	Linoleato de metilo	0,19
59,689	<i>cis</i> - β -Guaieno	0,26	90,292	Fitol	0,52
59,810	epi-Cubebol	0,48	95,695	Labd-7,13-dien-15-ol	0,10
59,865	α -Selineno	0,45	96,240	<i>n</i> -Tricosano	0,23
60,085	α -Muuroleno	0,29	99,093	<i>n</i> -Tetracosano	0,18
60,217	Germacrene A	0,33	101,789	<i>n</i> -Pentacosano	0,56
60,324	Iso-valerato de Lavandulil	0,10	104,345	<i>n</i> -Hexacosano	0,12
60,680	Cubebol	0,24	106,793	<i>n</i> -Octacosano	0,18
61,032	δ -Cadineno	0,46	-	-	-
Hidrocarburos monoterpénicos (%)					1,99
Monoterpenos oxigenados (%)					7,43
Ésteres alifáticos (%)					1,42
Alilbencenos (%)					0,28
Hidrocarburos sesquiterpénicos (%)					12,3
Cetonas (%)					9,65
Sesquiterpenos oxigenados (%)					41,48
Diterpenos oxigenados (%)					0,3
Cromeno (%)					1,05
Alcohol alifático					0,92
Hidrocarburos aromáticos					0,19
Alcanos (%)					1,27
Total de compuestos identificados (%)					79,01

TR: tiempo de retención.

En el aceite esencial de *G. tarapacana* (objetivo de nuestro estudio) los hidrocarburos monoterpénicos no hacen parte de los componentes mayoritarios, por ejemplo α -pineno está presente como componente mayoritario en *G. robusta*, *G. squarrosa*, *G. humilis*, *G. hirsutula*, *G. integrifolia*, *G. squarrosa* var *serrulata*^{11,12,13,14,15,16,17,18}, el β -pineno está

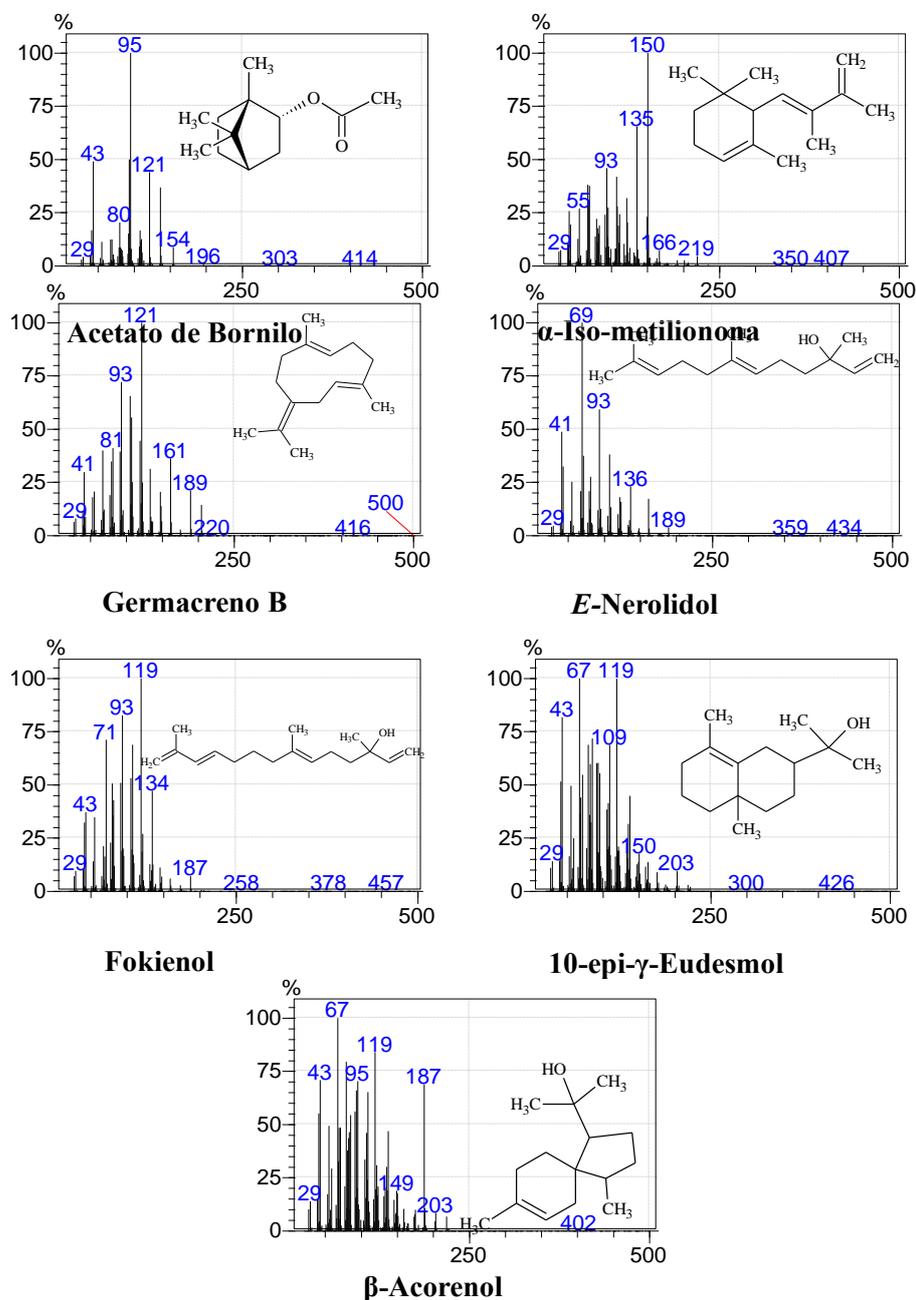


Figura 1.- Espectros de masas y estructura molecular de los componentes mayoritarios del aceite esencial de las partes aéreas de *G. tarapacana*.

Presente en *G. robusta*, *G. squarrosa*, *G. humilis*, *G. hirsutula*, *G. integrifolia*, *G. squarrosa* var *serrulata*^{11,12,16,17,18}, limoneno está presente como componente mayoritario en *G. robusta*, *G. squarrosa*, *G. humilis*, *G. hirsutula*, *G. integrifolia*, *G. squarrosa* var *serrulata*^{11,12,13,14,15,16,17,18}; los monoterpenos oxigenados como el borneol es mayoritario

en *G. robusta*, *G. squarrosa*, *G. hirsutula*, *G. squarrosa* var *serrulata*^{13,14,15,17,18} mientras que en *G. tarapacana* es un minoritario 0,83%, el acetato de bornilo presente como mayoritario en *G. robusta*, *G. squarrosa*, *G. humilis*, *G. hirsutula*, *G. integrifolia*, *G. squarrosa* var *serrulata*^{11,13,15,16,17,18}, en nuestra especie objetivo de nuestro estudio también es considerada como mayoritario 5,52%. La α -iso-metilionona (6,49%), *E*-nerolidol (5,4%), fokienol (5%), 10-epi- γ -eudesmol (6,16%) y β -Acorenol (4%) sólo está presente en *G. tarapacana*. Germacreno B fue reportado como mayoritario *G. robusta*, *G. squarrosa*, *G. squarrosa* var *serrulata*^{12,18} y en *G. tarapacana* ahora.

El acetato de bornilo se usa ampliamente en perfumería y aditivos alimentarios, presenta propiedades farmacológicas como antiinflamatorias e inmunomoduladores, también presenta propiedades sedantes y potencial uso en aromaterapia, en comparación los antiinflamatorios no esteroideos tradicionales²³. La α -isometil-*E*-ionona muy usada en la industria cosmética hasta un máximo de 3,69%²⁴. *E*-nerolidol es un alcohol sesquiterpénico generado por las plantas para defenderse de algunos insectos y enfermedades²⁵, tiene un olor floral, es usado como insumo cosmético y no cosmético, también es usado como aromatizante alimentario y es un candidato químico y farmacológico en la agricultura y medicina²⁶. Fokienol, un sesquiterpeno oxigenado presente no sólo en *G. tarapacana*, también es encontrado en *Fokienia hodginsii* (Dunn)²⁷ y *Centaurea damascena*²⁸, fokienol es el componente presente en *Dittrichia viscosa* L. y se le atribuye los efectos de antioxidante, antiviral, antiinflamatorio y antiulceras gástricas²⁹. El 10-epi- γ -eudesmol es un alcohol sesquiterpénico, es comúnmente encontrado como uno de los componentes mayoritarios del geranio y se caracteriza porque presenta actividad repelente de garrapatas similar al efecto del *N,N*-dietil-*m*-toluamida³⁰. El β -acorenol es un sesquiterpeno que también está presente como componente mayoritario en algunas especies de la familia Magnoliaceae³¹ y *Tetraclinis articulata*³² y el sesquiterpeno Germacreno B es uno de los principales constituyentes químicos de los aceites esenciales de diferentes plantas que tienen actividad antibacteriana³³.

Debido a que siempre que se revisa la literatura se encuentra que cuando el aceite esencial es sometido a ensayo biológico a la concentración del 100% es encontrado que es muy efectivo, es por ello que en el presente artículo se propone el ensayo del aceite esencial diluido.

Con la actividad biológica se comprobó a través de ensayos de susceptibilidad antibacteriana frente a cepas que conforman la microbiota oral. Los resultados están presentados en la tabla 3 en la que se puede observar que a concentraciones del aceite esencial de 10% y 5% no se observa el crecimiento de ninguna de las bacterias y del hongo, a la concentración de 2,5% sólo se observa pequeñas colonias de *S. mutans* y *S. sanguinis*, pero al mismo tiempo no hay crecimiento de *S. salivarius*, *E. faecalis* y *C. albicans*; de estos tres últimos microorganismos se observa crecimiento de colonias a 1,5% de concentración. El control positivo es el medio de cultura con microorganismos inoculadas es por ello que se representa >300, que significa que las bacterias y el hongo crecieron exponencialmente, ya el control negativo demostró la seguridad del ensayo porque solo es el medio de cultura libre de microorganismo y como se puede ver en el resultado no hay crecimiento de bacterias ni del hongo.

Tabla 3. Concentración mínima inhibitoria del aceite esencial frente a los microorganismos (UFC).

Concentración	Microorganismo (UFC)				
	<i>S. mutans</i>	<i>S. sanguinis</i>	<i>S. salivarius</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>C. albicans</i>
10%	<3	<3	<3	<3	<3
5%	<3	<3	<3	<3	<3
2,5%	134	250	<3	<3	<3
1,5%	>300	>300	106	77	191
Control (+)	>300	>300	>300	>300	>300
Control (-)	<3	<3	<3	<3	<3

UFC: unidades formadoras de colonias.

El aceite esencial demostró ser altamente efectivo para inhibir el crecimiento de las cepas estudiadas. *S. salivarius*, *E. faecalis* y *C. albicans* fueron particularmente sensibles a concentraciones bajas (0,0625 % v/v) del aceite esencial (Tabla 4).

Tabla 4.- Concentración mínima bactericida del aceite esencial frente a bacterias y un hongo.

	<i>S. mutans</i>	<i>S. sanguinis</i>	<i>S. salivarius</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>C. albicans</i>
	CMB(%v/v)			CMF(%v/v)	
AEGt	0,125	0,125	0,0625	0,0625	0,0625

AEGt: aceite esencial de las partes aéreas de *G. tarapacana*, CMB: concentración mínima bactericida, CMF: concentración mínima fungicida

CONCLUSIONES

El presente trabajo presenta la composición química del aceite esencial de *Grindelia tarapacana* colectada en abril del 2021, esta composición química no fue reportada hasta ahora y tiene la característica que no tiene como componentes mayoritarios a hidrocarburos monoterpénicos comparado con otras especies de *Grindelias* estudiadas, no se puede afirmar que quizás es el método de extracción porque lo reportado para este género es el mismo método que hemos empleado (hidrodestilación). Los compuestos mayoritarios fueron acetato de bornilo 5,52%, α -iso-metilionona 6,49%, germacreno B 8,22%, *E*-nerolidol 5,4%, fokiolenol 5%, 10-epi- γ -eudesmol 6,16% y β -acorenilol 4%, siendo estos 4 últimos reportados por primera vez en el género *Grindelia*. Con el ensayo exploratorio para verificar la efectividad antibacteriana y antifúngica del aceite esencial, fue demostrado ser altamente efectivo para inhibir el crecimiento de las cepas estudiadas. *S. salivarius*, *E. faecalis* y *C. albicans* a la concentración de 0,0625 % v/v.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al financiamiento del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional de Ingeniería, Proyecto de Investigación Formativa FIQT – PF – 25 – 2021

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**ART. N° 1**

1. Wollenweber EE, Dörr M, Timmermann BN, Strand J, Fuentes ER. Exudate Flavonoids from *Grindelia tarapacana* of Chile. *Z Naturforsch C*. 1993; 48: 533 – 534.
2. Timmermann BN, McLaughlin SP, Hoffmann JJ. Quantitative variation of grindelane diterpene acids in 20 species of North American *Grindelia*. *Biochem Syst Ecol*. 1987; 15(4): 401 – 410.
3. Alza NP, Pferschy-Wenzig E-M, Ortman S, Kretschmer N, Kunert O, Rechberger GN, Bauer R, Murray AP. Inhibition of NO production by *Grindelia argentina* and isolation of three new cytotoxic saponins. *Chem Biodivers*. 2014; 11: 311 – 322.
4. León JF, Quispe LS, Musaja CC. Asteraceas comunes de la provincia Candarave departamento de Tacna y su importancia como recurso natural. *Ciencia & Desarrollo*. 2003; 7: 20 – 28.
5. Castro MSA, Fuentes ER, Timmermann BN. Germination responses and resin production of *Grindelia glutinosa* and *G. tarapacana* from the Atacama Desert. *J Arid Environ*. 1995; 29: 25 – 32.
6. Ybarra MI, Popich S, Borkosky SA, Asakawa Y, Bardón A. Manoyl oxide diterpenoids from *Grindelia scorzonrifolia*. *J Nat Prod*. 2005; 68: 554 – 558.
7. Mahmoud AA, Ahmed AA, Tanaka T, Linuma M. Diterpenoid Acids from *Grindelia nana*. *J Nat Prod*. 2000; 63: 378 – 380.
8. Echevarría J, Zambrana NP, Bussmann RW. *Grindelia boliviana* Rusby, *Grindelia tarapacana* Phil. Asteraceae. In: Paniagua-Zambrana NY, Bussmann RW, editors. *Ethnobotany of the Andes*. Cham: Springer International Publishing; 2020. p. 919-20. doi:10.1007/978-3-030-28933-1_133.
9. Akbarian A, Rahimmalek M, Sabzalian MR, Sarfaraz D. Variation in essential oil composition, phenolic, flavonoid and antioxidant activity of *Kelussia odoratissima* Mozaff based on three model systems. *J Appl Res Med Aromat Plants*. 2019; 13: 100208. doi:10.1016/j.jarmap.2019.100208.
10. Bertaccini A, Contaldo N, Benni A, Curini M, Genovese S, Epifano F, et al. Effects of “*Candidatus phytoplasma asteris*” on the volatile chemical content and composition of *Grindelia robusta* Nutt. *J Phytopathol*. 2011; 159: 124 – 126.
11. Kaltenbach G, Schafer M, Schimmer O. Volatile constituents of the essential oil of *Grindelia robusta* Nutt. and *Grindelia squarrosa* Dun. *J Essent Oil Res*. 1993; 5: 107 – 108.
12. Schäfer M, Schimmer O. Composition of the essential oils from flowers, leaves and stems of *Grindelia robusta* and *G. squarrosa*. *J Essent Oil Res*. 2000; 12: 547 – 552.
13. El-Shamy AM, El-Hawary SS, El-Shabrawy AO, El-Hefnawy HM. Essential oil composition of three *Grindelia* species. *J Essent Oil Res*. 2000; 12: 631 – 634.
14. Fraternali D, Giamperi L, Bucchini A, Ricci D. Essential oil composition and antioxidant activity of aerial parts of *Grindelia robusta* from central Italy. *Fitoterapia*. 2007; 78: 443 – 445.
15. Veres K, Roza O, Laczkó-Zöld E, Hohmann J. Chemical composition of essential oils of *Grindelia squarrosa* and *G. hirsutula*. *Nat Prod Commun*. 2014; 9(4): 573 – 574.

16. Nowak S, Lisiecki P, Tomaszczak-Nowak A, Grudzinska E, Olszewska MA, Kicel A. Chemical composition and antimicrobial activity of the flowers and leaves of *Grindelia integrifolia* DC. *Nat Prod Commun.* 2019; 33(10): 1535 – 1540.
17. Schepetkin IA, Özek G, Özek T, Kirpotina LN, Khlebnikov AI, Quinn MT. Neutrophil Immunomodulatory Activity of (-)-Borneol, a major component of essential oils extracted from *Grindelia squarrosa*. 2022 Jul 31;27(15):4897. doi: 10.3390/molecules27154897.
18. Poudel A, Dosoky NS, Satyal P, Swor K, Setzer WN. Essential oil composition of *Grindelia squarrosa* from Southern Idaho. *Molecules.* 2023 May 2;28(9):3854. doi: 10.3390/molecules28093854.
19. De Oliveira TS, Bombo AB, De Oliveira ASS, Garcia VL, Appezzato da GB. Seasonal variation of the essential oil two Brazilian native *Aldama* La Llave (Asteraceae) species. *An Acad Bras Ciênc.* 2016; 88(3 suppl.): 1899-1907. doi:10.1590/0001-376520162015-0732.
20. Adams RP. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry, 4th Ed. Carol Stream, Illinois, USA: Allured Publishing Corporation; 2007. 804 p.
21. Eloff JN. A sensitive and quick microplate method to determine the minimal inhibitory concentration of plant extracts for bacteria. *Planta Medica.* 1998; 64(8): 711-3.
22. Silva SJ, Brandão VR, Coutinho SDA, Paciencia MLB, Frana SA, Díaz IEC, et al. Antifungal Activity of the Essential Oils of *Osteophloeum platyspermum* (Myristicaceae) against *Malassezia* spp. and *Candida albicans* Influenced by Seasonality and Climatic Factors. *European J Med Plants.* 2021; 32(12): 31–45.
23. Zhao Z-J, Sun Y-L, Ruan X-F. Bonyl acetate: A promising agent in phytomedicine for inflammation and immune modulation. *Phytomedicine.* 2023 Jun; 114:154781. doi: 10.1016/j.phymed.2023.154781.
24. Lapczynski A, Lalko J, Politano VT, McGinty D, Bhatia S, Letizia CS, et al. Fragrance material review on alpha-iso-methylionone. *Food Chem Toxicol.* 2007; 45: S280 – S289.
25. Chen S, Zhang L, Cai X, Li X, Bian L, Lou Z, Li Z, Chen Z, Xin Z. (*E*)-Nerolidol is a volatile signal that induces defenses against insects and pathogens in tea plants. *Hortic Res.* 2020 Apr 1;7(1):52. doi: 10.1038/s41438-020-0275-7.
26. Chan W-K, Tan LT-H, Chan K-G, Lee L-H, Goh B-H. Nerolidol: A sesquiterpene alcohol with multi-faceted pharmacological and biological activities. *Molecules.* 2016 Apr 28;21(5):529. doi: 10.3390/molecules21050529.
27. Lesueur D, Ban NK, Bighelli A, Muselli A, Casanova J. Analysis of the root oil of *Fokienia hodginsii* (Dunn) Henry et Thomas (Cupressaceae) by GC, GC-MS and ¹³C-NMR. *Flavour Fragr J.* 2006; 21: 171 – 174.
28. Khleifat KM, Matar SA, Jaafreh M, Qaralleh H, Al-Limoun MO, Alsharafa KY. Essential oil of *Centaurea damascena* aerial parts, antibacterial and synergistic effect. *J Essent Oil-Bear Plants.* 2019; 22(2): 356 – 367.
29. Al-Qudah MA, AL-Jaber HI, Mayyas AS, Abu-Orabi ST, Zarga MHA. Chemical compositions of the essential oil from the Jordanian medicinal plant *Dittrichia viscosa*. *Jordan J Chem.* 2010; 5(4): 343 – 348.
30. Tabanca N, Wang M, Avonto C, Chittiboyina AG, Parcher JF, Carroll JF, Kramer M, Khan IA. Bioactivity-Guided investigation of *Geranium* essential oils as natural tick repellents. *J Agric Food Chem.* 2013; 61: 4101 – 4107

31. Yang D, Ma D, Song Z, Yang M, Xu Y. The composition, antioxidant and antibacterial activity of essential oils from five species of the Magnoliaceae family. *Molecules*. 2024 Nov 1;29(21):5182. doi: 10.3390/molecules29215182.
32. Dallahi Y, Chahhou D, El Aboudi A, Aafi A. Distribution mapping and chemical composition of *Tetraclinis articulata* (Vahl.) masters in the site of biological and ecological interest of Kharouba (Central Plateau, Morocco). *J Mater Environ Sci*. 2017; 8(7): 2474 – 2479.
33. Xu H, Dickschat JS. Germacrene B – a central intermediate in sesquiterpene biosynthesis. *Beilstein J Org Chem*. 2023; 19: 186 – 203.